



GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM USO DE CASCA DE ARROZ

Joice Maffioletti¹

João Mota Neto²

RESUMO

O debate sobre os impactos causados pela dependência de combustíveis fósseis contribui para o interesse mundial por soluções sustentáveis no segmento de geração de energia elétrica através de fontes limpas e renováveis. Durante muitos anos discutiram-se as vantagens, desvantagens, importância e dificuldades para a utilização dessa fonte primária renovável para a produção comercial de energia elétrica através da biomassa. Neste cenário podemos destacar como biomassa a casca de arroz, devido a seu enorme volume, pode-se utilizar de maneira sustentável na produção de energia elétrica. Contudo o uso da turbina a vapor na geração de energia elétrica apresenta-se uma alternativa viável para a maioria das indústrias de beneficiamento de arroz, pois pode suprir a demanda total da indústria com o menor custo. Desta maneira, a empresa beneficiadora de arroz dispõe de uma vantagem competitiva, diminuindo os custos de produção através da geração de eletricidade, com a possibilidade de comercializar os créditos de carbono, incrementando a viabilidade econômica do projeto em até 50% e uma redução no tempo do retorno do investimento em até 20%.

Palavras chaves: Casca de arroz, Geração energia elétrica, Análise de Viabilidade.

1 Faculdade SATC, Rua Pascoal Meller, nº73, Bairro Universitário, Criciúma, SC, CEP 88805-380, joice_maffioletti@hotmail.com

2 Faculdade SATC, Rua Pascoal Meller, nº73, Bairro Universitário, Criciúma, SC, CEP 88805-380, joao.neto@satc.edu.br



ABSTRACT

The debate on the impacts caused by dependence on fossil fuels contributes to global concern for sustainable solutions in the generation of electricity through clean, renewable sources. For many years discussed the advantages, disadvantages, importance and difficulties of using this renewable primary source for commercial production of electricity from biomass. In this scenario we can highlight how the biomass of rice hulls, due to its huge volume. Can be used sustainably in the production of electricity. However the use of steam turbines in power generation presents a viable alternative for most industries from rice, because it can supply the total demand of the industry with the lowest cost. Thus, the company has a rice a competitive advantage by reducing production costs through the generation of electricity, with the possibility of selling carbon credits, boosting the economic viability of the project by 50% and a reduction in time ROI up to 20%.

Keywords: Rice husk, electricity generation, feasibility analysis.

1. INTRODUÇÃO

Como substituto às fontes fósseis de energia para a geração de eletricidade está à biomassa, que por ser uma fonte de energia renovável, tem-se na sua utilização uma contribuição para a redução nas emissões de gases do efeito estufa. Porém, deve-se compreender que para o uso da biomassa na geração termoelétrica, há a necessidade da avaliação da tecnologia a ser utilizada, além de efetuar-se uma análise econômico-financeira e dos impactos ambientais das atividades envolvidas.

No sul do Brasil, entre os resíduos agrícolas que são produzidos em quantidades apreciáveis para a geração de energia elétrica, destaca-se a casca de arroz. Nos locais em que ela é gerada, nas indústrias de beneficiamento de arroz, a casca é utilizada, para secagem dos grãos, na parboilização e algumas indústrias que possuem geração com tecnologias (motor síncrono de pistão recíproco ou locomóvel), além das termelétricas mais recentes, que utilizam turbina a vapor (ciclo Rankine), sendo estas últimas comprovadamente viáveis (PRETZ, 2001).

Porém a viabilidade da instalação de termelétricas nas indústrias de beneficiamento de arroz deve ser avaliada, servindo de ferramenta para



a tomada de decisão, um estudo detalhado da empresa. Além disso, a entrada de recursos provenientes da comercialização dos créditos de carbono obtidos por este tipo de projeto, certamente influenciará positivamente a viabilidade econômica do empreendimento, de tal forma que sua implementação contribuirá para o término do destino inadequado que vem sendo dado à casca de arroz, como aterro em terrenos baixos.

2. CONVERSÃO ENERGÉTICA DA BIOMASSA

Várias tecnologias de conversão energética da biomassa estão disponíveis e resultam em uma ampla variedade de produtos energéticos, nos três estados físicos (sólido, líquido e gasoso), para geração de calor, energia elétrica e combustíveis para o transporte. Segundo (LORA, E. S., HAPP, J. F., 1997) as três principais rotas tecnológicas de conversão da biomassa energética disponíveis são:

- a) Conversão termoquímica: a combustão direta, a gaseificação e a pirólise;
- b) Conversão bioquímica: a digestão anaeróbica, a fermentação/distilação e a hidrólise;
- c) Conversão físico-química: a compressão, extração e esterificação.

Na geração de calor e de energia elétrica, a tecnologia da combustão direta é aplicada já comercialmente, enquanto a gaseificação e a pirólise em grandes potências estão ainda em um estágio da demonstração. Se somente for gerado calor, a combustão parece a mais apropriada. Se a eletricidade deve ser produzida com elevada eficiência, a gaseificação e a pirólise são opções promissoras.

3. ESTUDO DE CASO DA COGERAÇÃO ASSOCIADA AO BENEFICIAMENTO DE ARROZ

O estudo de caso foi desenvolvido em uma empresa de beneficiamento de arroz com uma capacidade de armazenamento superior a 3 milhões de sacos de arroz, com recebimento médio de 83000 toneladas de arroz com casca por ano. Este volume gera 18300 toneladas de casca de arroz por ano, devido o percentual da casca no peso do arroz bruto ser 22%

(SOUZA, 1993). Deste total adiciona-se as impurezas do processo de limpeza do arroz em casca, adicionando mais 3000 toneladas de biomassa.

Segundo HOFFMANN (1999), adota-se 15% de rendimento total para o processo como um valor aceitável. Sabe-se o total de casca e impurezas do arroz que será queimado na caldeira, assim o potencial de energia elétrica a ser gerada é de 11890 MWh/ano.

A figura 01 mostra o sistema proposto da planta de cogeração e usina térmica. Segundo PRETZ (2001), consiste em uma caldeira queimando casca de arroz produzindo vapor superaquecido para o sistema gerador. O vapor com pressão efetiva é extraído da turbina para o processo principal já o restante do vapor deixa a turbina em pressão baixa, alcançando o condensador. O condensado é então encaminhado para o tanque principal, junto com a água de reposição para compensar as perdas. A mistura do tanque então é bombeada até a caldeira principal, fechando o ciclo térmico.

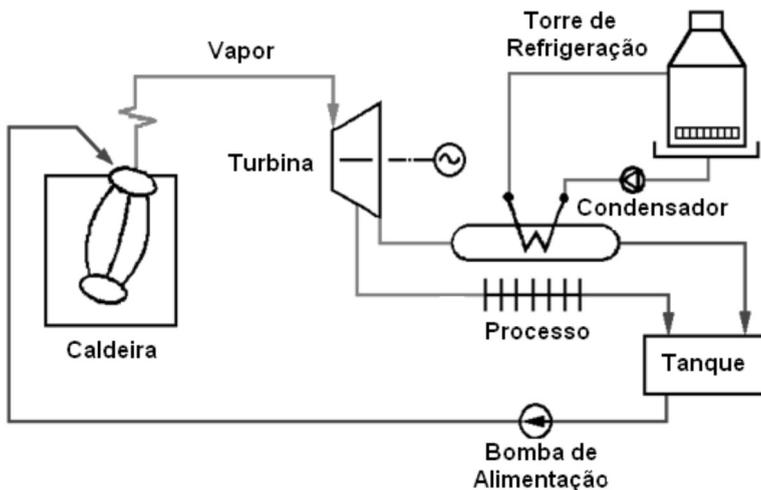


Figura 01 - Sistema de Cogeração de Energia Elétrica.

3.1 Caldeira, Turbina e Gerador

Os critérios para escolha da caldeira adequada no caso estudado, foram: pressão e o consumo de vapor do processo da indústria. O consumo do processo de uma indústria de beneficiamento de arroz, entre 5 a 8t/h de vapor com pressão 10kgf/cm^2 / 220°C ; pressão e o consumo de vapor da turbina, conforme o fabricante da turbina, consome 5,5t/h de vapor a uma



pressão 42kgf/cm^2 / 420°C ; tipo de queima do combustível, que segundo PRETZ (2001), o sistema leito fluidizado o que mais se adequa a queima do combustível estudado.

Para o estudo adotou-se uma caldeira Aquatubular, produzindo vapor superaquecido de 42kgf/cm^2 / 420°C , com uma produção máxima de 15t/h de vapor e eficiência de 88%, utilizando casca de arroz como combustível. A água de retorno do processo possui temperatura de 120°C . Sabe-se que $13,5\text{t/h}$ de vapor será consumido pela planta, e a quantidade de combustível necessária para gerar essa quantidade de vapor é de $3,1\text{ t/h}$ de casca de arroz. Na escolha da turbina foi levado em consideração seu consumo de vapor, pressão de trabalho e temperatura. Para este projeto a turbina apresenta as seguintes características:

Potência bornes do gerador: 1200 kW

Pressão entrada: 42 Bar

Temperatura entrada: 420°C

Vazão entrada: 13.500 Kg/h

Pressão de extração: 10,6 Bar

Vazão de extração: 8.000

Pressão de escape: 1,05

Vazão de escape: 5.500 Kg/h

Rendimento: 29.8 %

O gerador especificado para este projeto é de 1200 kW e 13800 V (voltagem de trabalho da indústria de beneficiamento de arroz e da concessionária). É um sistema de gerador síncrono de 4 pólos, frequência 60 Hz e rotação 1800 rpm, rendimento de 96%.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise econômica consiste em fazer estimativas do gasto envolvido com investimento inicial, operação, manutenção, custos de combustível e receitas geradas durante um determinado período de tempo, para assim montar-se o fluxo de caixa relativo a esses investimentos. Custos, re-



ceitas e determinar quais serão os indicadores econômicos, com os quais espera-se obter outras alternativas de investimento deste capital, pode, neste estudo, concluir sobre a viabilidade ou não do empreendimento.

Como citado anteriormente, esta análise é referente a uma indústria que beneficia aproximadamente 14500 kg por hora de arroz com casca, suficiente para abastecer uma micro central termoelétrica de 1200kW. Considerando-se que a casca corresponde a 22% da massa total do grão, a produção de casca é de 3,2 toneladas por hora, representando uma produção anual de 26.560 t/ano de casca.

Será considerado que a indústria de beneficiamento de arroz, através da implantação de uma MCT (Micro Central Termelétrica), poderá operar 24 horas por dia, durante 346 dias por ano, totalizando 8,3 mil horas de operação. O objetivo principal da MCT é abastecer a indústria, funcionando de forma a garantir o suprimento de energia elétrica que esta necessita.

Este regime de operação consumirá 25.730 t de casca, deste modo, a central termoelétrica terá o Fator de Utilização (FU), para este caso, de 0,94, maior do que o FU das termoelétricas convencionais que utilizam carvão mineral, gás natural ou diesel (0,3 a 0,7) (COELHO e PALETTA e FREITAS, 2000). O FU representa a relação entre o total de horas de trabalho e as horas do ano (8.760).

Durante as 8300 horas de operação, a MCT produzirá 9960 MWh de energia, sendo que desse total, 5200 MWh serão consumidos pela indústria e pela própria MCT e o excedente de energia, que totalizará 4760 MWh, será comercializado.

4.1. Custos de Investimentos

O custo de investimento de um projeto de geração de energia elétrica pode ser decomposto em custo direto (basicamente, terreno, obras civis, equipamentos, montagem e subestação) e custo indireto (canteiro, acampamento e administração). De acordo com LORA e NASCIMENTO, (2004), aproximadamente 70% do custo de investimento em plantas convencionais a vapor são custos diretos, de acordo com composição apresentada na Tabela 1.



Tabela 1 - Composição Típica dos Custos Diretos de investimento de uma Central Termelétrica a Vapor na Indústria de Arroz.

Item de custo	Participação
Projeto	R\$ 150.000,00
Planta da caldeira	R\$ 2.400.000,00
Planta da turbina e gerador	R\$ 1.600.000,00
Tubulação e acessórios	R\$ 150.000,00
Outros equipamentos	R\$ 250.000,00
Montagem dos equipamentos	R\$ 500.000,00
Construção	R\$ 500.000,00
Modificação na Produção	R\$ 800.000,00
Total	R\$ 6.350.000,00

As receitas obtidas com este empreendimento virão de 3 fontes distintas (Tabela 2). A primeira provém dos recursos que deixarão de ser gastos com a compra de eletricidade da concessionária distribuidora. A segunda fonte de receitas é oriunda da venda do excedente de energia elétrica, com valor aproximado de R\$ 65,53/MWh. Numa outra opção a energia produzida pode ser comercializada diretamente com comercializadores, consumidores livres ou concessionárias distribuidoras, através de contratos bilaterais, ou ofertadas nos leilões.

A terceira e última fonte de receitas é originária da comercialização dos créditos de carbono gerados pelo projeto, cujo valor no mercado internacional varia entre US\$ 5,00 e US\$ 10,00 por tonelada de carbono equivalente (tCO_2eq) evitada pelo projeto. Neste caso será considerado um valor médio de US\$ 7,00/ tCO_2eq . A implantação desta MCT contribuirá de duas formas distintas para a mitigação dos gases de efeito estufa. Uma das formas será através da substituição de 9.960 MWh de energia elétrica da rede de distribuição, que em parte é gerada à partir de combustíveis fósseis (carvão mineral e gás natural). Emitindo em torno de 0,463 tCO_2eq /MWh de energia produzida, resultará numa diminuição nas emissões de gases do efeito estufa de 4.611,48 tCO_2eq /ano.

A outra forma de redução é oriunda do fim da emissão de metano, proveniente da decomposição de 6590 toneladas de casca de arroz, que seriam depositadas no solo, por ano. Sabe-se que o metano possui um poder de efeito estufa 21 vezes maior que o do dióxido de carbono. Então, a emissão de metano multiplicada por 21, resulta num total de 16.500,86 tCO_2eq /ano.



Tabela 2 - Quadro de Receitas

Fonte	Quantidade	Valor Unitário	Total (R\$)
1. Energia que deixará de ser comprada (MWh)			R\$ 1.331.096,50
2. Energia excedente comercializada (MWh)	4.760,00	R\$ 65,53	R\$ 311.922,80
3. Créditos de carbono comercializados (tCO ₂ eq)	21.112,34	R\$ 14,14 ⁽¹⁾	R\$ 298.528,48
Total R\$			R\$ 1.941.547,78

4.2. Custos de Operação e Manutenção

Os custos fixos compreendem os custos relativos a manutenção de uma termelétrica, sendo usualmente estimado em 20 (US\$/kW) (BAIN e CRAIG e CONER, 1997). Neste caso, o valor desembolsado com custo fixos da MCT será aproximadamente R\$ 48.480 por ano.

Os custos variáveis são relativos aos gastos com mão-de-obra, sendo usualmente estimado em 0,0023 (US\$/kWh) (BAIN e CRAIG e CONER, 1997). Neste caso, o valor desembolsado com custo variáveis da MCT será aproximadamente R\$ 44.601,6 por ano.

4.3. Análise Econômica

Com base no fluxo de caixa do projeto, diversas análises econômicas e financeiras podem ser desenvolvidas com o objetivo de quantificar sua atratividade para aquele que realizará o investimento. Neste capítulo apresenta-se os indicadores utilizados na avaliação econômica do projeto, que será calculado em nossa modelagem: Tempo de Retorno do Investimento (*Payback*), Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE)

A TMA (Taxa Mínima de Atratividade) é a taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo ganhos financeiros. É uma taxa associada a um baixo risco, ou seja, qualquer sobra de caixa pode ser aplicada, na pior das hipóteses, na TMA.

Um cálculo do tempo de retorno do investimento ou *payback* compara as rendas com os custos e determina o período de tempo exigido para recuperar o investimento inicial. Um período de *payback* descontado é calculado levando em conta o valor do dinheiro no tempo, utilizando a taxa TMA (Taxa Mínima de Atratividade).



Método do Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE) consiste em achar a série uniforme anual equivalente ao fluxo de caixa dos investimentos à (TMA), ou seja, acha-se a série uniforme equivalente a todos os custos e receitas para o projeto utilizando-se a TMA (CASAROTO e KOPITCKE, 2000).

4.4. Resultados

Para a análise do fluxo de caixa mediante ao investimento, adotaremos dois casos: Caso 1 com venda de créditos de carbono e Caso 2 sem venda de créditos de carbono, uma TMA de 5%, vida útil para os equipamentos de 20 anos.

Analisaremos primeiro o tempo de retorno de investimento por meio *Payback*; o retorno do capital investido é um dos mais simples indicadores de investimento. Simplesmente leva em conta em quanto tempo o projeto pagará o investimento inicial. No Caso 1, o retorno do investimento se dará em 3,86 anos, no Caso 2 4,7 anos. Pode-se observar que mesmo sem venda de créditos de carbono, o Caso 2 se mostra um investimento atrativo. O gráfico 1 mostra como se comporta as curvas de retorno.

Gráfico 1 - Gráfico de Tempo de Retorno de Investimento



Com análise do VAUE, sabe-se exatamente quanto cada caso pode render por ano em toda vida útil do projeto uniformemente. No Caso 1 o investimento renderá uniformemente R\$ 2.456.973,74 por ano em toda vida útil do projeto; já no Caso 2 renderá R\$ 1.040.397,27. Pelo critério VAUE, o Caso 1 mostra-se um investimento bem atrativo, tanto quanto no Caso 2 que mostra menor retorno, mas ainda viável economicamente.



5. CONCLUSÃO

Analisando os dados obtidos, a utilização da biomassa deveria ser prioritária, tendo em vista os benefícios ambientais comprovados, além de um retorno financeiro considerável, especialmente com a entrada de recursos provenientes da comercialização de créditos de carbono.

O uso da casca de arroz como fonte de geração de energia elétrica pode propiciar uma economia substancial às empresas. Um aspecto será sempre atinente a esta tecnologia: sua viabilidade estará fundamentalmente atrelada à capacidade de se internalizar os benefícios ambientais por ela proporcionados, como o benefício obtido através da venda dos créditos de carbono.

A casca do arroz está dentre os produtos que se destacam no âmbito do aproveitamento e utilização, como forma alternativa na produção de energia. O aproveitamento total do grão surge como o resgate do aproveitamento de subprodutos, pois se baseia no fato de utilizar o resíduo de uma atividade econômica, vindo a constituir-se no desencadeamento de outra. Tendo o produto arroz como elemento norteador do presente trabalho, o processo de utilização da casca na produção de energia nos remete para o fato de que um produto sazonal – o arroz - gera um insumo energético, ou seja, a casca, de maneira a estar disponível de forma homogênea no decorrer não só do período de safra, mas no curso do ano todo.

São necessárias iniciativas no sentido de conscientizar a população em geral, e os empresários, de que projetos como esse tendem a contribuir efetivamente para a sociedade como um todo, sendo capazes de gerar benefícios econômicos, sociais e principalmente ambientais. E ainda é importante para as empresas que buscam uma contínua redução de custos e novas alternativas para alavancar sua marca e/ou imagem através de estratégias ambientais.

Observando o cenário econômico, percebe-se que todos os dias as empresas travam uma batalha para sobreviver em um mercado altamente competitivo. Novas estratégias são traçadas ou readaptadas a realidade do mercado. Sendo assim, para se obter maior vantagem competitiva é necessário que a tomada de decisão faça parte de um processo que envolva todas as áreas da organização.



O projeto de investimento estudado para esse setor possibilita, às indústrias economia no consumo energia elétrica, visto que esse tipo de gasto é uma relevante saída de caixa. Assim, economizando no consumo, paga-se menos, refletindo em entradas de caixa futuras. Na análise dos resultados os dois métodos de avaliação mostraram que o investimento proposto para empresa é viável economicamente, mesmo sem entrada de créditos de carbono. Um indicativo a isso na região são duas empresas que estão em fase de implantação e teste de termelétrica com uso de casca de arroz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BHATTACHARYA, S.C.; JOE, M.A.; KANDHEKAR, Z.; SALAM, P.A. and SHRESTHA, R.M. "Greenhouse-gas emission mitigation from the use of agricultural residues: the case of rice husk," Heidelberg: Springer Berlin, 1999.

PRETZ, Ricardo. Potencial bioenergético do setor arrozeiro do Rio Grande do Sul: uma abordagem termelétrica. Tese de Doutorado, PROMEC / UFRGS, Porto Alegre: 2001.

LORA, E. S.; HAPP, J. F., "Classificação e Balanço Térmico das Fornalhas para Combustão de Biomassa". Manaus: Universidade do Amazonas, 1997.

SOUZA, F.X.. Casca de Arroz Carbonizada: Um Substrato para a Propagação de Plantas. Revista Lavoura Arrozeira, Jan./Fev. 1993.

HOFFMANN, R., 1999. Método Avaliativo da Geração Regionalizada de Energia, em potências inferiores a 1MW a partir da gestão de resíduos de Biomassa – O caso da Casca de Arroz. Doutorado, PROMEC-UFRGS, Porto Alegre, RS.

COELHO, Suani Teixeira; PALETTA, Carlos Eduardo Machado; FREITAS, Marcos Aurélio Vasconcelos. Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica, Brasília, 2000.

LORA, E.E.S; NASCIMENTO, M.A.R., Geração Termelétrica –Planejamento, Projeto, Operação. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004.

BAIN, R.; CRAIG, K.; COMER, K., Renewable Energy Technology Characterizations. Washington: California, 1997.

CASAROTO FILHO, N.; KOPITCKE, B. H. Análise de Investimento. Matemática Financeira. Engenharia Econômica. Tomada de Decisão. Estratégia Empresarial. São Paulo: Editora Atlas, 2000.